

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : G01V 3/08	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 88/ 09515 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. Dezember 1988 (01.12.88)
--	----	---

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT88/00036	US.
(22) Internationales Anmeldedatum: 25. Mai 1988 (25.05.88)	Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(31) Prioritätsaktenzeichen: A 1326/87	
(32) Prioritätsdatum: 25. Mai 1987 (25.05.87)	
(33) Prioritätsland: AT	
(71)(72) Anmelder und Erfinder: NESSLER, Norbert [AT/AT]; Botanikerstraße 16A, A-6020 Innsbruck (AT).	
(74) Anwälte: TORGGLER, Paul usw.; Wilhelm-Greilstraße 16, A-6020 Innsbruck (AT).	
(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent),	

(54) Title: LOCATING PROCESS FOR LOCALIZING UNKNOWN RECEIVER OR TRANSMITTER POSITIONS

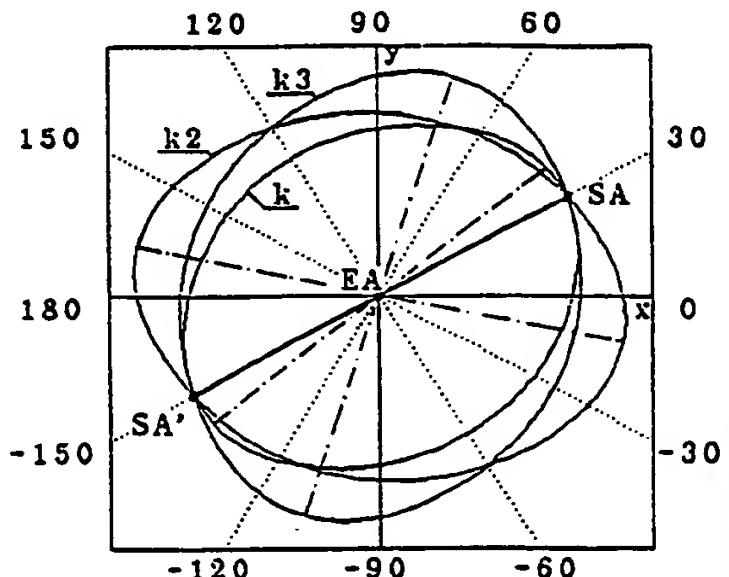
(54) Bezeichnung: ORTUNGSVERFAHREN ZUR STANDORTBESTIMMUNG UNBEKANNTER EMPFANGS-
BZW. SENDERPOSITIONEN

(57) Abstract

In a locating process for localizing receiving antennae by means of electromagnetic signals in the near field region of a stationary transmitting device, a magnetic dipole antenna is used as the stationary transmitting device, by means of which dipole fields are produced in various axial directions. With the receiving device of unknown position and unknown orientation, the field strength (H) and field direction (α) with respect to the receiving system are determined for each transmitter position and a locus (k) of possible transmitter positions is plotted for each. The point of intersection of at least three loci (k), (k2), and (k3) yields a pair of two diametrically opposed transmitter positions (SA) and (SA') from which the relative co-ordinates of the receiver position (EA) with respect to the transmitter position are determined.

(57) Zusammenfassung

Ortungsverfahren zur Standortbestimmung von Empfangsantennen mittels elektromagnetischer NF-Signale im Nahfeldbereich einer ortsfesten Sendevorrichtung. Als ortsfeste Sendevorrichtung wird eine magnetische Dipolantenne verwendet, mittels derer Dipolfelder in verschiedenen Achsenrichtungen erzeugt werden. Mit der Empfangsvorrichtung unbekannter Position und unbekannter Orientierung wird die Feldstärke (H) und die Feldrichtung (α) bezüglich des Empfängersystems für jede Sendeorientierung gemessen und jeweils eine Ortskurve (k) möglicher Senderstandorte berechnet. Die gemeinsamen Schnittpunkte von mindestens drei Ortskurven (k), (k2) und (k3) ergeben ein Lösungspaar von zwei diametral gegenüberliegenden Senderpositionen (SA) und (SA'), woraus die relativen Koordinaten des Empfängerstandortes (EA) bezüglich des Senderstandortes ermittelt werden.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT Österreich
AU Australien
BB Barbados
BE Belgien
BG Bulgarien
BJ Benin
BR Brasilien
CF Zentrale Afrikanische Republik
CG Kongo
CH Schweiz
CM Kamerun
DE Deutschland, Bundesrepublik
DK Dänemark
FI Finnland

FR Frankreich
GA Gabun
GB Vereinigtes Königreich
HU Ungarn
IT Italien
JP Japan
KP Demokratische Volksrepublik Korea
KR Republik Korea
LI Liechtenstein
LK Sri Lanka
LU Luxemburg
MC Monaco
MG Madagaskar
ML Mali

MR Mauritanien
MW Malawi
NL Niederlande
NO Norwegen
RO Rumänien
SD Sudan
SE Schweden
SN Senegal
SU Soviet Union
TD Tschad
TG Togo
US Vereinigte Staaten von Amerika

Ortungsverfahren zur Standortbestimmung unbekannter
Empfangs- bzw. Senderpositionen

- Die Erfindung betrifft ein Ortungsverfahren zur Standortbestimmung von Empfangsantennen mittels elektromagnetischer NF-Signale im Nahfeldbereich einer ortsfesten Sendevorrichtung. Weiters betrifft die Erfindung ein Ortungsverfahren zur Standortbestimmung einer beliebig orientierten und beliebig positionierten Dipolantenne mittels elektromagnetischer NF-Signale im Nahfeld.
- 10 Zur Ortung eingeschlossener Bergleute oder zur Lokalisierung fehlgegangener Bohrlöcher werden magnetische Sendeantennen, gespeist mit niederfrequentem Wechselstrom als Quelle an dem zu ortenden Standpunkt verwendet. Es sind Verfahren bekannt, mit deren Hilfe aus der Messung des vom Sender erzeugten Feldes an mehreren Stellen, z.B. von der Erdoberfläche aus, auf die Position des Senders geschlossen werden kann.
- 15 In AT-PS 374 595 wird z.B. eine Methode angegeben, mit deren Hilfe eine beliebig orientierte Sendeantenne durch Messung der Feldrichtung in auch unter Tage gelegenen Punkten geortet werden kann.
- 20 Allen Ortungsmethoden ist gemeinsam, daß vor der eigentlichen Ortung die Position und Orientierung der Empfangsantenne(n) in den Meßpunkten bekannt sein muß.
- 25 Die genaue Ortsbestimmung für Empfangspunkte unter Tage kann sehr zeitraubend und aufwendig sein, weiters ist die Ermittlung der Orientierung der Empfangsantenne in der Horizontalen, z.B. durch Kompaßmessung störungsanfällig, denn Schienen und eiserne Rohrleitungen verändern das Erdmagnetfeld und können zu unzulässigen Meßfehlern führen.
- 30

In den US-PS 3 868 565 und 3 983 474 wird ein Nachführungssystem mittels eines nutierenden Senderfeldes zur Ortsbestimmung eines Empfängersystems beschrieben. In US-PS 4 054 881 wird eine Ortungsmethode angegeben, 5 wobei ein an der Oberfläche befindlicher dreiachsiger Sender in Phasenrelation zueinander stehende Signale verschiedener Frequenz aussendet, die in einem dreiachigen Empfänger aufgeteilt nach Frequenz und Phase gemessen werden, woraus eine Koordinateninformation 10 gerechnet wird.

Bei keiner der bisher bekannten Verfahren ist eine Bestimmung der unter Tage gelegenen Empfängerpositionen durch Messungen mit einer für die Ortung einfacher Dipolsender geeigneten Empfangsvorrichtung selbst 15 möglich.

Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein genaues und rasch durchzuführendes Verfahren zur Standortbestimmung von Empfangsantennen anzugeben.

20

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die Sendevorrichtung aus einer oder mehreren magnetischen Dipolantennen besteht und daß mittels der ortsfesten Sendevorrichtung Dipolfelder in verschiedenen Achsenrichtungen erzeugt werden und mittels einer Empfangsvorrichtung unbekannter Position und unbekannter Orientierung die Feldstärke und die Feldrichtung bezüglich des Empfängersystems für jede Sendeorientierung gemessen wird, woraus gemäß dem Zusammenhang 25

$$30 \quad r(\varphi) = \frac{C_e}{\sqrt[3]{H_j \cdot \sqrt{(1 + 3 \sin^2(\varphi - \alpha_j))}}}$$

mit $r(j)$... Ortskurve der möglichen Senderstandorte in Polarkoordinaten des Empfängersystems bei der j-ten Senderorientierung,

5

c_e ... Maßstabsfaktor,

H_j ... Empfangsfeldstärke bei der j-ten Senderorientierung,

10

α_j ... Feldrichtung relativ zum Empfänger-
system bei der j-ten Senderorientierung

15

je eine Ortskurve bzw. eine daraus durch Rotation um den gemessenen Feldstärkenvektor hervorgehende Ortsfläche möglicher Senderstandorte berechnet wird, wobei die gemeinsamen Schnittpunkte von mindestens drei Ortskurven bzw. Ortsflächen ein Lösungspaar von zwei diametral gegenüberliegenden Senderpositionen ergeben, woraus die relativen Koordinaten des Empfängerstandortes bezüglich des Senderstandortes ermittelt werden.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung des Empfängerstandortes basiert auf der Verwendung einer Sendervorrichtung (Hilfssender) mit bekannter fixer Position vorzüglich innerhalb des Bergwerks, wobei die Richtung der Senderachse (Achse des Sendedipols), d.h. die Senderorientierung, durch geeignete Maßnahmen im allgemeinen räumlichen Fall in vier Raumrichtungen, im Fall einer angenähert ebenen Meßanordnung in drei verschiedenen, in einer Ebene liegenden Richtungen, z.B. 0, 120 und 240 Grad eingestellt werden kann. Eine angenähert ebene Meßanordnung liegt vor, wenn alle Empfangsantennen und die Achsenrichtungen der Sendeantennenstellungen angenähert in einer Ebene liegen. Diese Situation tritt in Bergwerken häufig auf.

25

30

Für jede Senderachseinstellung wird am Empfangsort das

Feld nach Betrag und Richtung gemessen. Aus diesen Meßdaten ist erfindungsgemäß eine Berechnung der Empfängerposition und Empfängerorientierung relativ zum Sender möglich.

5 Es ist günstig, aber erfindungsgemäß nicht zwingend notwendig, daß die Sendefrequenz des Senders dabei in dem gleichen Frequenzbereich liegt wie die zur eigentlichen Ortung verwendete Frequenz, so daß die gleiche Empfangseinrichtung verwendet werden kann. Die Sende-
10 frequenz des Senders ist natürlich so zu wählen, daß unter Berücksichtigung der Leitfähigkeit des umgebenden Gesteins und der zu erwartenden Meßentfernung der dämpfende Einfluß des Gesteins vernachlässigbar ist. Die erfindungsgemäße Lokalisierung des Empfängerstandortes
15 beruht auf der weitgehend ungestörten Ausbreitung des Senderfeldes, im weiteren als "Nahfeld"-Bereich bezeichnet.

Als Sender werden eine oder mehrere als Sendedipol wirkende Spulen- oder Rahmenantennen verwendet. Bei Verwendung nur einer Sendeantenne muß diese in die erforderlichen Richtungen schwenkbar sein. Bei Verwendung mehrerer feststehender Sendeantennen sind diese so anzuordnen, daß je eine Senderdipolachse in die zur Ortsbestimmung erforderlichen Richtungen weist. Weiters ist eine Anordnung von gekreuzten Sendeantennen möglich,
20 von denen jede mit einer solchen Amplitude und Phasenlage bei gleicher Frequenz gespeist wird, daß das resultierende Dipolmoment in die gewünschte Richtung weist.
25

30 Für den angenähert ebenen Anwendungsfall ergibt sich die günstigste und technisch einfachste Konfiguration für den Sender durch die Verwendung von nur zwei gleichartigen Sendeantennen, deren Achsenrichtung um 120 Grad gegeneinander versetzt ist. Zur weiteren Erklärung wird

die Richtung der ersten Sendeantenne mit "0 Grad", die
der zweiten mit "120 Grad" bezeichnet. Die drei erforder-
lichen, in einer Ebene liegenden Senderachsenrichtungen
werden dadurch realisiert, daß zunächst je eine der zwei
5 erstgenannten Sendeantennen allein verwendet wird und
damit die Senderrichtungen 0 Grad und 120 Grad darge-
stellt werden. Für die dritte Senderrichtung werden
dann beide erstgenannten Sendeantennen gleichzeitig
und phasengleich mit je einer solchen Stromstärke
10 gespeist, wie vorher für jede einzelne Sendeantenne
verwendet wurde. Die resultierende Wirkung ergibt sich
aus der Vektoraddition der beiden Einzeldipole und ent-
spricht in Stärke und Form der Senderachsenrichtung
60 Grad, was aus Symmetriegründen gleichbedeutend mit
15 240 Grad ist.

Weiters muß erfindungsgemäß für mindestens eine der im
Sender'system verwendeten Dipolrichtungen deren "aktiver"
Zustand dem Empfänger mitgeteilt werden, um eine
Referenz für die Winkelzählung zu erhalten. Dies kann
20 z.B. durch entsprechende Codierung oder durch unter-
schiedliche Sendefrequenzen erreicht werden.

Als Empfänger dient entweder eine auf einem Peilkopf in
alle Raumrichtungen schwenkbaren Rahmen-, Spulen- oder
Ferritstabantenne oder ein Empfangsantennensystem,
25 welches aus drei orthogonal aufeinander stehenden
Empfangsantennen besteht, um bei entsprechender
Orientierung des Empfangssystems die X-, Y- und Z-Kompo-
nente des Feldes im Empfangspunkt zu messen. Aus diesen
Komponenten werden nach bekannter Methode die Stärke und
30 Richtung des Feldes berechnet.

Für die Koordinatenberechnung und die Winkelzählung ist
zwischen dem auf den Senderstandort und die Sender-
orientierung und dem auf den Empfängerstandort und die

Orientierung des Empfängersystems bezogenen Koordinaten-
system zu unterscheiden, im weiteren wird ersteres kurz
"Sendersystem", letzteres kurz "Empfängersystem" genannt.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein
5 genaues und rasch durchzuführendes Verfahren zur Ortung
eines räumlich feststehenden, in Ort und Orientierung
unbekannten Sendedipols anzugeben.

Die der Erfindung zugrundeliegende Idee, im Empfänger-
system zunächst die Ortsfläche bzw. Ortskurve jener
10 möglichen Senderpositionen zu ermitteln, die dem
gemessenen Feld beim Empfänger entsprechen, und letztlich
aus mehreren solcher Ortsflächen bzw. Ortskurven auf die
Relativlage zwischen Sender und Empfänger zu schließen,
lässt sich nicht nur auf die Lagebestimmung der Empfangs-
15 antennen, sondern in analoger Weise auch auf die Ortung
eines räumlich feststehenden, in Lage und Orientierung
unbekannten Sendedipols anwenden, wenn anstelle der ver-
schiedenen, bekannten Senderorientierungen zur Standort-
bestimmung einer Empfangsvorrichtung verschiedenen,
20 bekannte Empfangsvorrichtungspositionen zur Standort-
bestimmung des einen unbekannten Sendedipols treten.

Es ist dazu erfindungsgemäß vorgesehen, daß das von
dieser Dipolantenne erzeugte Feld in mindestens drei
geeignet gewählten lagenmäßig bekannten Empfangspunkten
25 nach Stärke und Richtung gemessen wird, woraus sich im
Empfängersystem für jeden Meßpunkt eine durch Rotation
der Ortskurve $r(\varphi)$

$$r(\varphi) = \frac{Ce}{\sqrt[3]{H_j \cdot \gamma(1 + 3\sin^2(\varphi - \alpha_j))}}$$

mit $r(j)$... Ortskurve der möglichen Senderpositionen in Polarkoordinaten des Empfängersystems im j-ten Meßpunkt,

Ce ... Maßstabsfaktor,

5 Hj ... Feldstärke im j-ten Meßpunkt,

α_j ... Feldrichtung relativ zum Empfänger-
system im j-ten Meßpunkt.

Zur Festlegung der Lagen der Empfängerantennen kann das oben beschriebene erfindungsgemäße Verfahren verwendet werden. Man braucht dabei nur eine einzige, mit einer Speichereinrichtung ausgestattete Empfangsvorrichtung zu verwenden, wobei an jeder von beispielsweise drei Positionen der Empfangsvorrichtung (ebene Anordnung) im Bergwerk sowohl das Feld des bekannten Hilfssenders als auch das Feld des gesuchten Sendedipols gemessen und aufgezeichnet wird. Aus den aufgezeichneten Daten des Hilfssenders lassen sich die Relativlagen der Empfängerpositionen untereinander und zum bekannten Hilfssender ermitteln. Aus den nun bekannten Empfängerpositionen und den aufgezeichneten Daten des gesuchten Sendedipols läßt sich dann der Ort und die Stellung dieses Sendedipols relativ zu einem Empfänger ermitteln. Zu erwähnen ist noch, daß das erfindungsgemäße Verfahren zur Standortbestimmung von Empfangsantennen und das im folgenden näher erläuterte, auf derselben Idee basierende Verfahren zur Ortung eines Sendedipols auch getrennt voneinander eingesetzt werden können.

Zur Ortung des unbekannten Sendedipols wird an verschiedenen Meßpunkten das Feld in Betrag und Richtung gemessen und im Empfängersystem jeweils die Ortsfläche jener möglichen Sendepositionen ermittelt, die ein dem gemessenen Feld entsprechendes Feld beim Empfänger

hervorrufen. Aus dem bzw. den Schnittpunkten der einzelnen Ortskurven läßt sich dann die Relativlage des gesuchten Senders relativ zum Empfängersystem ermitteln.

- 5 Zunächst wird der vereinfachte zweidimensionale Fall beschrieben, d.h. es wird angenommen, daß alle Empfangspunkte und die Achsenrichtungen der Sendeantennenstellungen in derselben Ebene, im weiteren "Bezugsebene" genannt, liegen. Dem häufigsten Anwendungsfall entsprechend wird für die weitere Beschreibung diese Ebene als waagrecht liegend angenommen, was aber keine Einschränkung der Allgemeinheit bedeutet.

10 Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen durch die Figuren näher erläutert.

- 15 Fig. 1 stellt den Verlauf der Feldlinien f eines magnetischen Dipols SA in einer beliebigen Meridianebene im ungestörten Nahfeld dar. EA stellt eine auf maximale Empfangsspannung ausgerichtete Empfangsantenne dar, die mit dem Radiusvektor r den Winkel Ψ einschließt.
- 20 Fig. 2 zeigt in einem auf den Empfängerstandort EA bezogenen Koordinatensystem die Ortskurve k aller möglichen Senderpositionen SA, welche am Empfangsort EA eine Feldstärke vom Betrag H in der Richtung α erzeugen.
- Fig. 3 zeigt zwei Ortskurven k und k_2 analog zu Fig. 2
- 25 und einen der vier als Schnittpunkte von k und k_2 errechneten Senderstandorte SA.
- Fig. 4 stellt drei Ortskurven k , k_2 und k_3 analog zu Fig. 2 dar, deren gemeinsame Schnittpunkte das Lösungspaar für die Senderstandorte SA und SA' bestimmen.
- 30 Fig. 5 gibt eine Aufrissdarstellung für die Meßsituation wieder, bei der die Sendeantenne in der durch SA gekennzeichneten waagrechten Bezugsebene liegt und der Empfängerstandort einen Abstand z von der Bezugsebene hat.

Fig. 6 zeigt die Schnittlinien der Ortsflächen der möglichen Senderstandorte eines zu ortenden Senders mit einer die drei Meßpunkte enthaltenden Bezugsebene.

Die Feldstärke H einer als magnetischer Dipol wirkenden Sendeantenne lässt sich im ungestörten Nahfeld in bekannter Weise berechnen und ergibt sich in Polarkoordinaten zu

$$H = m / 4\pi \cdot 1/r^3 \cdot \sqrt{1 + 3 \cdot \cos^2 \theta} \quad (1)$$

mit $m = n \cdot I \cdot F \dots$ magnetisches Dipolmoment

Die Feldverteilung eines Dipols, in bekannter Weise repräsentiert durch Feldlinien f , ist in Fig. 1 im "Sendersystem" dargestellt und hat folgende für das erfindungsgemäße Verfahren wesentliche Eigenschaften:

- 1.) Alle Feldlinien f verlaufen in Meridianebenen, das sind Ebenen, welche die Achse a des Sende-dipols SA enthalten.
- 2.) Der Schnittwinkel Ψ der Feldlinien mit ein und der selben Radiusrichtung r ist konstant und unabhängig von der Länge des Radiusvektors, jedoch gemäß Gleichung 2 abhängig vom Winkel θ zwischen Radiusvektor und Dipolachse.

$$\tan \theta = 2 \cdot \tan \Psi \quad (2)$$

mit $\theta \dots$ Winkel zwischen Radiusvektor und sender-achse (Winkel im Sendersystem)

$\Psi \dots$ Winkel zwischen Radiusvektor und Feldlinie (Winkel im Empfängersystem)

Das neue Verfahren sieht die Berechnung der Senderposition SA (in Fig. 2 dargestellt im Empfängersystem)

aus der gemessenen Feldstärke H und der Feldrichtung α am Empfängerstandort EA vor, wobei der Winkel α von der zunächst beliebig orientierten X-Achse des Empfängersystems gezählt wird.

- 5 Zur Bestimmung der Ortskurve aller möglichen Senderpositionen, welche im Empfangspunkt EA die Feldstärke H in der Richtung α erzeugt, wird Gleichung (1) nach r aufgelöst und die Winkelzählung von θ (im Sendersystem) auf den Polarwinkel φ (im Empfängersystem) analog zur Gleichung 2 umgerechnet:
- 10

$$\alpha(\varphi) = \frac{Ce}{\sqrt[3]{H \cdot \sqrt{(1+3 \cdot \sin^2(\varphi - \alpha))}}} \quad (3)$$

mit Ce ... Maßstabsfaktor, enthält Dipolstärke des Senders und Eichfaktor der Empfangsantenne.

- 15 In Fig. 2 ist diese Ortskurve k im Empfängersystem dargestellt, SA repräsentiert eine mögliche Senderstellung.

Wird für eine zweite Senderstellung am gleichen Empfangsort die Feldstärke H_2 und die Feldrichtung α_2 gemessen, so ergibt sich eine neue Ortskurve k_2 , die

20 durch eine zu

Gleichung 3 analoge Gleichung 3a beschrieben wird.

$$\lambda(\varphi) = \frac{C_e}{\sqrt[3]{H^2 \cdot \sqrt{1+3 \cdot \sin^2(\varphi - \alpha_2)}}} \quad (3a)$$

Die beiden Ortskurven k und k_2 sind in Fig. 3 eingezeichnet und schneiden sich im allgemeinen in vier Punkten. Der Winkelparameter φ für einen Schnittpunkt und die zugehörige Entfernung r zwischen Sender und Empfänger lassen sich analytisch nach bekannten Methoden aus den Gleichungen 3 und 3a berechnen. Der Maßstabsfaktor C_e zur Berechnung von r wird dazu als bekannt vorausgesetzt oder durch eine Eichmessung bei bekannter Entfernung und Winkelstellung bestimmt.

Bei ungünstiger Lage der Empfangspunkte bezüglich der zwei Senderstellungen, erkennbar durch ein Verhältnis der Feldstärken H und H^2 von nahe 2, ergeben sich unterschiedlich große Ortskurven und folglich schleifende Schnitte. Kleine Meßfehler in der Feldstärke H , H^2 oder in der Feldrichtung α , α_2 wirken sich stark vergrößert auf das Ergebnis φ und r aus.

Zur Reduzierung der Lösungsmannigfaltigkeit wird die Feldmessung mit einer dritten Senderachsenrichtung durchgeführt. Diese Messung liefert ein drittes Paar von Feldstärke und Feldrichtung und bestimmt damit eine dritte Ortskurve k_3 (Fig. 4) mit jeweils vier Schnittpunkten mit den Ortskurven k und k_2 . Durch die symmetrische Anordnung der Senderachsenrichtung gibt es für jeden beliebigen Empfängerstandort stets zwei Ortskurven, deren zugehörige Feldstärkewerte etwa gleich groß sind, wodurch die Berechnung mit schleifenden Schnitten vermieden wird. Die dritte Ortskurve dient der Einschränkung der Lösungsmannigfaltigkeit: Genau zwei dem Empfängerstandort diametral gegenüberliegende Schnittpunkte sind allen Ortskurven gemeinsam und damit mögliche Senderstandorte SA und SA' .

Die Bestimmung der physikalisch richtigen Lösung erfolgt, falls nicht durch andere Maßnahmen eine eindeutige Lösung gefunden werden kann, mittels einer Amplitudendifferenzmessung. Wegen der $1/r^3$ -Abhängigkeit der Feldstärkte 5 (Gleichung 1) ergibt bereits eine geringe Verschiebung des Empfangspunktes in Richtung zum Sender eine deutliche Feldstärkezunahme und somit ein Entscheidungsmerkmal zwischen den Lösungen SA und SA'.

Die relativen Ortskoordinaten zwischen Sender- und 10 Empfängersystem sowie die Orientierung des Empfängersystems bezüglich des Sendersystems ergeben sich aus der errechneten Entfernung r und dem Winkel ψ mit Hilfe der Winkelbeziehung Gleichung 2. Damit ist für den zweidimensionalen Fall (Sender und Empfängerpunkte in einer Ebene) das Lokalisierungsproblem 20 gelöst.

Die Lösung des äquivalenten dreidimensionalen Problems führt statt zu Ortskurven (Gleichung 3) zu Ortsflächen, welche durch Rotation der entsprechenden Ortskurven um die Feldrichtung entstehen. Zwei Ortsflächen schneiden sich im 25 allgemeinen in zwei Schnittlinien, drei Ortsflächen schneiden sich unter den gegebenen Voraussetzungen im allgemeinen in vier Punkten. Durch eine vierte räumliche Orientierung der Senderachse wird eine vierte Ortsfläche bestimmt, ihr Schnitt mit den übrigen drei ergibt die dem Empfängerstandort 30 diametral gegenüberliegenden zwei möglichen Lösungen für den Senderstandort. Die Auswahl der physikalisch richtigen Lösung kann wie im zweidimensionalen Fall mit einer Amplitudendifferenzmessung erfolgen.

Zur Berechnung der Ortskoordinaten des Empfängerstandortes relativ zum Sender vereinfacht sich das dreidimensionale Problem auf zwei Dimensionen, da die Feldrichtung am

Empfangsort stets in einer Meridianebene der jeweils aktiven Sendeantenne liegt. Diese Meridianebene ist durch die Senderachsenrichtung und die Richtung des Empfangsfeldes definiert. Zur Auswertung wird eine Koordinatentransformation vorgenommen, so daß die Lösungsverfahren für den beschriebenen ebenen Fall verwendet werden können.

In der Praxis ist es vorteilhaft, die schwierigen dreidimensionalen Berechnungen zu umgehen, indem die Rechenmethoden für den zweidimensionalen Fall durch geeignete Korrekturen auch auf Empfängerstandorte außerhalb der Bezugsebene anwendbar werden, die gemäß Fig. 5 vom Senderstandort aus höchstens unter einem vom zulässigen Fehler abhängigen Höhen- (Tiefen-) Winkel Θ_v gesehen werden. Für einen Ortungsfehler von z.B. 1.5% oder 1 Grad ist der zulässige Winkel 23 Grad bzw der Abstand z von der Bezugsebene maximal 40% der Distanz Sender-Empfänger. In diesen eingeschränkten räumlichen Bereich mit waagrechter Bezugsebene fallen aber die meisten der im Bergbau vorkommenden Meßsituationen, weshalb für die weitere Beschreibung auf diesen Fall Bezug genommen wird.

Sender und Empfängersystem werden als waagrecht (parallel zur Bezugsebene) orientiert vorausgesetzt, zwischen Sender und Empfänger bestehe jedoch eine Höhendifferenz z. Für die Darstellung in Fig. 5 ist angenommen, daß der Empfangspunkt EA in einer vertikalen Meridianebene der Sendeantenne liegt, was im allgemeinen nicht exakt der Fall ist.

Für die drei waagrechten Orientierungen der Sendeantenne werden vorteilhafterweise, wie schon im zweidimensionalen Fall ausgeführt, die Winkel 0, 120 und 240 Grad verwendet, um eine symmetrische Verteilung des Feldes zu erreichen. Für die Berechnung der Ortskurven und deren Schnittpunkte wird die Höhendifferenz zunächst vernachlässigt und nur mit den

waagrechten Komponenten der Feldrichtung gerechnet. Durch die Symmetrie der Senderorientierungen ist es in jedem Empfangspunkt möglich, zwei zum Radiusvektor angenähert spiegelbildliche Ortskurven zu wählen, deren Winkelfehler, hervorgerufen durch die Vernachlässigung der Höhendifferenz, sich im Schnittpunkt aufheben. Der so ermittelte Winkel ψ gilt in der waagrechten Bezugsebene; der aus Gleichung 3 berechnete Radius r ist der räumliche Abstand zwischen Sender und Empfänger (vergl. Fig. 5).

Zur Bestimmung der Höhendifferenz z wird von den drei gemessenen Wertepaaren für Feldstärke und Feldrichtung dasjenige mit der größten Abweichung der Feldrichtung aus der waagrechten Ebene herangezogen. Mit Hilfe der allgemein gültigen Winkelbeziehung Gleichung 2 wird mit $\xi = \theta_v + \psi_v$ der Erhebungswinkel θ_v und weiters mittels der Entfernung r die Höhendifferenz z berechnet. Obwohl die zur Berechnung herangezogene Meridianebene im allgemeinen nicht exakt vertikal steht, bleibt der entstehende Fehler wegen der cos-Abhängigkeit unter den gegebenen Voraussetzungen innerhalb der Toleranzgrenze von 1,5%.

Für die Bestimmung des Winkels θ aus dem Winkel ψ analog zur Darstellung in Fig. 2 muß die Höhendifferenz durch Modifikation der Winkelbeziehung Gleichung 2 berücksichtigt werden und lautet dann

$$\tan \theta = G \cdot \tan \psi \quad (5)$$

mit $G = G_0 \cdot \cos (\xi \cdot 2/3)$

ξ ... größter Anstiegswinkel der gemessenen Feldstärke

$G_0 = 2$... Feldstärkeverhältnis in den zwei Gaußschen Hauptlagen

Aus den gerechneten Werten r , z , θ und ψ kann in

bekannter Weise der Standort und die Orientierung des Empfängersystems relativ zum Sendersystem bestimmt werden.

Die erfindungsgemäße Idee lässt sich auch zur Ortung eines Sendedipols verwenden, wenn das Feld des Sendedipols an zumindest drei verschiedenen, beispielsweise durch das oben beschriebene Verfahren bekannten Meßpunkten in Betrag und Richtung gemessen wird.

Im allgemeinen räumlichen Fall - beliebige Orientierung und Position des Sendedipols - erfolgt die Messung von Feldstärke und Feldrichtung vorzugsweise in mindestens vier geeignet gewählten Empfangspunkten. Zur Auswertung wird in jedem Empfangspunkt eine Ortsfläche möglicher Senderstandorte berechnet, welche sich durch Rotation der Ortskurve k (Figur 2), bestimmt durch die Gleichung (3) um die Achse H , bestimmt durch die gemessene Feldrichtung, ergibt. Der bzw. die gemeinsame(n) Schnittpunkt(e) aller vier Ortsflächen erlauben die Ermittlung der Senderposition.

Im vereinfachten zweidimensionalen Fall liegen sowohl die Empfangspunkte wie auch der Senderdipol in einer (häufig waagrechten) Bezugsebene, die Orientierung des Senderdipols ist weiterhin beliebig räumlich. Zur eindeutigen Bestimmung des Senderstandortes sind die Feldmessungen in drei geeignet gewählten Meßpunkten in der Bezugsebene erforderlich. In jedem Meßpunkt bestimmen Amplitude und Richtung des Feldes eine Ortsfläche möglicher Senderstandorte wie oben beschrieben. Zur Berechnung wird nur mehr die Schnittkurve der Ortsfläche mit der Bezugsebene verwendet, welche durch die folgende Gleichung bestimmt ist:

$$r(\varphi) = \frac{C_e}{\sqrt[3]{H_j \cdot \sqrt{(1 + 3\sin^2(\varphi - \alpha_j)) \cos \varepsilon_j}}}$$

mit $r(\varphi)$... Ortskurve der möglichen Senderpositionen in Polarkoordinaten des Empfängersystems im j-ten Meßpunkt,

Ce ... Maßstabsfaktor,

5 Hj ... Feldstärke im j-ten Meßpunkt,

α_j ... Feldrichtung relativ zum Empfänger-

system im j-ten Meßpunkt.

ε_j ... Neigungswinkel der j-ten Feldrichtung
gegen die Bezugsebene.

- 10 Der gesuchte Senderstandort ergibt sich als gemeinsamer Schnittpunkt dreier Schnittkurven nach Gleichung (6). In Figur 6 ist die Auswertung eines praktischen Beispiels gezeigt. 1, 2 und 3 bezeichnen die Meßpunkte K(1), K(2) und K(3) die jeweils zugeordneten Schnittlinien der Ortsflächen mit der Bezugsebene, der Senderstandort S ist durch einen Kreis gekennzeichnet.

- 15 Steht die Achse des Senderdipols senkrecht zur Bezugsebene, so gilt in allen Meßpunkten $\varepsilon_i = 90^\circ$, die Schnittkurven Gleichung (6) entarten zu Kreisen. Für eine eindeutige Bestimmung des Sendestandortes dürfen die Meßpunkte in diesem Fall nicht kollinear liegen (nicht auf einer Linie).

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Ortungsverfahren zur Standortbestimmung von Empfangsantennen mittels elektromagnetischer NF-Signale im Nahfeldbereich einer ortsfesten Sendevorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendevorrichtung aus einer oder mehrerer magnetischen Dipolantennen besteht und daß mittels der ortsfesten Sendevorrichtung Dipolfelder in verschiedenen Achsenrichtungen erzeugt werden und mittels einer Empfangsvorrichtung unbekannter Position und unbekannter Orientierung die Feldstärke (H) und die Feldrichtung (α) bezüglich des Empfängersystems für jede Senderorientierung gemessen wird, woraus gemäß dem Zusammenhang

$$r(\varphi) = \frac{c_e}{\sqrt[3]{H_j \cdot \sqrt{1 + 3 \sin^2(\varphi - \alpha_j)}}}$$

mit $r(\varphi)$... Ortskurve der möglichen Senderstandorte in Polarkoordinaten des Empfängersystems bei der j-ten Senderorientierung,

c_e ... Maßstabsfaktor,

H_j ... Empfangsfeldstärke bei der j-ten Senderorientierung,

α_j ... Feldrichtung relativ zum Empfänger- system bei der j-ten Senderorientierung

je eine Ortskurve (k) bzw. eine daraus durch Rotation um den gemessenen Feldstärkenvektor hervorgehende Ortsfläche möglicher Senderstandorte berechnet wird, wobei die gemeinsamen Schnittpunkte von mindestens drei Ortskurven (k_1, k_2, k_3) bzw. Ortsflächen ein Lösungspaar von zwei diametral gegenüberliegenden Senderpositionen (SA) und (SA') ergeben, woraus die relativen Koordinaten des Empfängerstandortes (EA)

bezüglich des Senderstandortes ermittelt werden.

2. Ortungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung nur einer Sendeantenne deren Achsenrichtung durch Drehen der Sendeantenne eingestellt wird.
5
3. Ortungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung je einer Dipolantenne für die geforderten Achsenrichtungen deren Achsen fix in die erforderlichen Richtungen eingestellt werden und deren Anspeisung in einer solchen Weise erfolgt, daß am Empfangsort für jede Senderstellung getrennt die Feldstärke und Feldrichtung gemessen wird
10
4. Ortungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß drei Senderachsenrichtungen in der Ebene, symmetrisch verteilt, bei 0, 120 und 240 Grad liegen.
15
5. Ortungsverfahren nach den Ansprüchen 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Senderachsenrichtungen durch zwei mit ihren Achsen um 120 Grad zueinander geneigte Sendedipole gleichen Dipolmoments erzeugt werden, wobei zunächst jeweils eine der Sendeantennen gespeist wird, die damit die Winkelstellungen 0 Grad bzw. 120 Grad repräsentieren und zur Erzielung der dritten Senderachsenrichtung beide Sendedipole gemeinsam gespeist werden, so daß sich die Wirkung beider Sendedipole so addiert, daß die Feldstruktur gleich der eines Sendedipols, orientiert in der dritten Richtung, nämlich 240 Grad bzw. 60 Grad ist.
20
25
30
6. Ortungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

zeichnet, daß für vier geeignet räumlich orientierte Richtungen der Sendedipolachsen jeweils am Empfangsort Stärke und Richtung des Senderfeldes gemessen wird und aus dem Schnitt der für jede Senderorientierung berechneten Ortsflächen möglicher Senderpositionen ein Lösungspaar für die relative Position des Sendersystems bezüglich des Empfängersystems gerechnet wird, woraus die relativen Koordinaten des Empfängerstandortes bezüglich des Senderstandortes ermittelt werden.

7. Ortungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verschiebung des Empfängerstandpunktes in Richtung zum Sender bzw. weg vom Sender aus einer entsprechenden Feldstärkezunahme bzw. Feldstärkeabnahme ein Entscheidungsmerkmal für die Bestimmung des tatsächlichen Senderstandortes aus den gerechneten Lösungspaaren (SA) und (SA'), welche dem Empfängerstandort diametral gegenüberstehen, gewonnen wird.

20 8. Ortungsverfahren zur Standortbestimmung einer beliebig orientierten und beliebig positionierten Dipolantenne mittels elektromagnetischer NF-Signale im Nahfeld, dadurch gekennzeichnet, daß das von dieser Dipolantenne erzeugte Feld in mindestens drei geeignet gewählten lagenmäßig bekannten Empfangspunkten nach Stärke und Richtung gemessen wird, woraus sich im Empfängersystem für jeden Meßpunkt eine durch Rotation der Ortskurve $r(\varphi)$

$$r(\varphi) = \frac{C_e}{\sqrt[3]{B_j \cdot \sqrt{(1 + 3 \sin^2(\varphi - \alpha_j))}}}$$

30 mit $r(\varphi)$... Ortskurve der möglichen Senderpositionen in Polarkoordinaten des Empfängersystems im j-ten Meßpunkt,

Ce ... Maßstabsfaktor,
 Hj ... Feldstärke im j-ten Meßpunkt,
 α_j ... Feldrichtung relativ zum Empfänger-
 system im j-ten Meßpunkt.

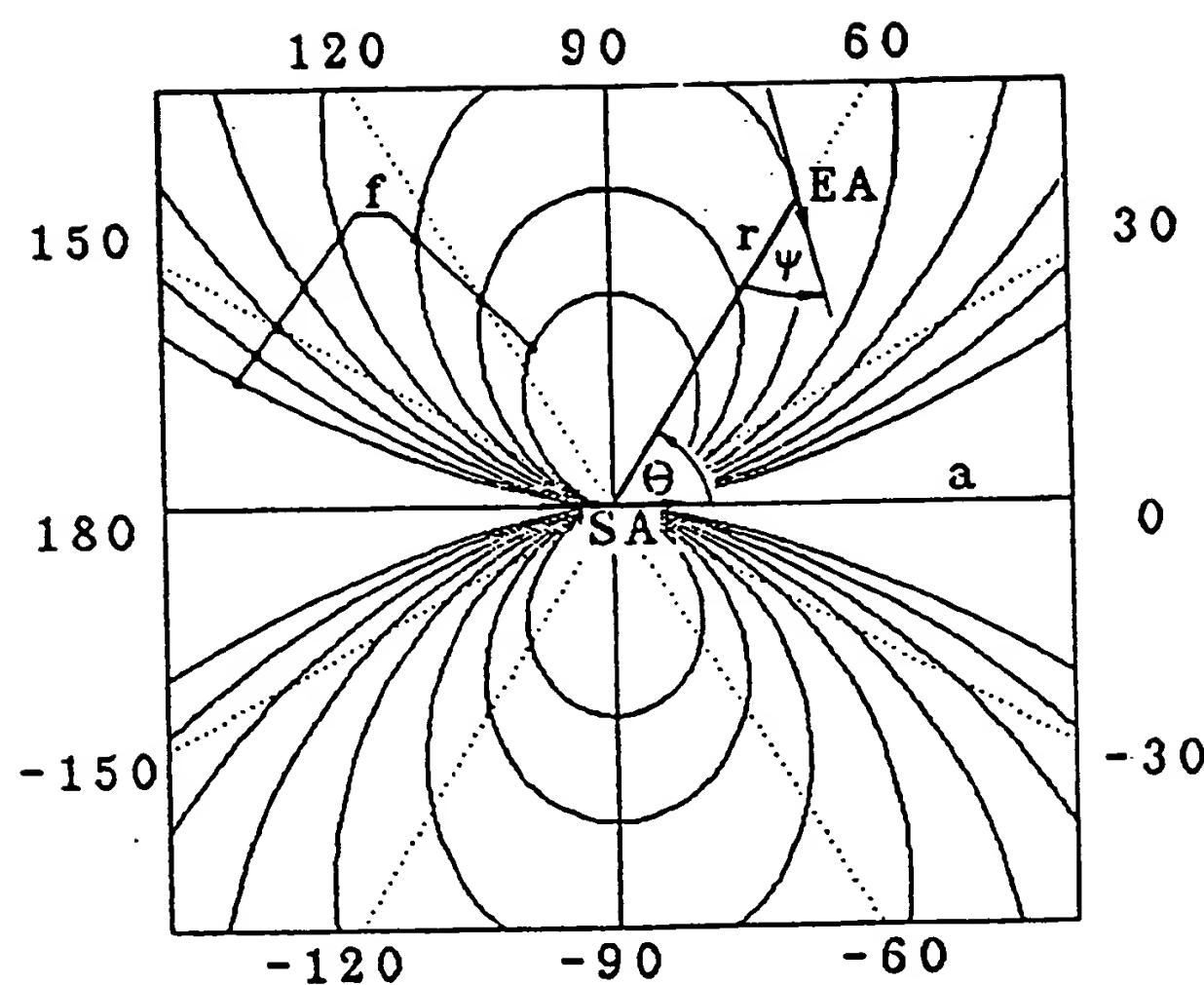
5 um den gemessenen Feldstärkenvektor hervorgehende
 Ortsfläche möglicher Senderstandpositionen berech-
 nen läßt, wobei aus dem (den) Schnittpunkt(en) der
 zu den einzelnen Empfangspunkten gehörigen Orts-
 flächen des Senderstandortes ermittelt wird.

10 9. Ortungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekenn-
 zeichnet, daß im vereinfachten zweidimensionalen
 Fall, bei dem der Standort des beliebig räumlich
 orientierten Senderdipols sowie die Empfangspunkte
 in einer bekannten Bezugsebene liegen und aus den
 15 gemessenen Feldstärken und Feldrichtungen in
 mindestens drei geeignet gewählten Empfangspunkten
 (1,2,3) die Schnittkurven (K(1), K(2), K(3)) der
 Ortsflächen mit der Bezugsebene gemäß dem Zusammen-
 hang

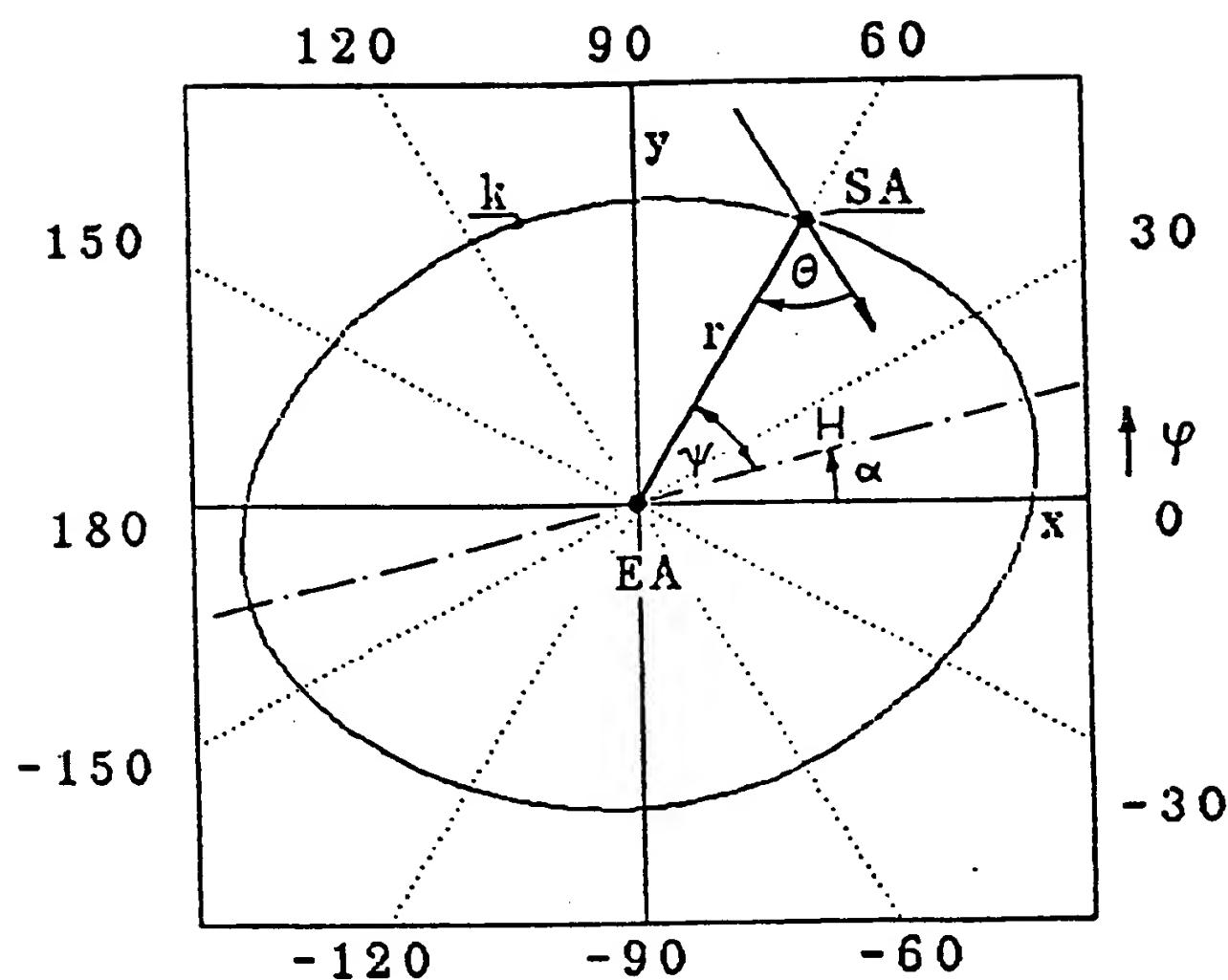
$$20 \quad r(j) = \frac{Ce}{\sqrt[3]{H_j \cdot \sqrt{(1 + 3\sin^2(\varphi - \alpha_j)) \cos \varepsilon_j}}}$$

mit ε_j ... Neigungswinkel der j-ten Feld-
 richtung gegen die Bezugsebene

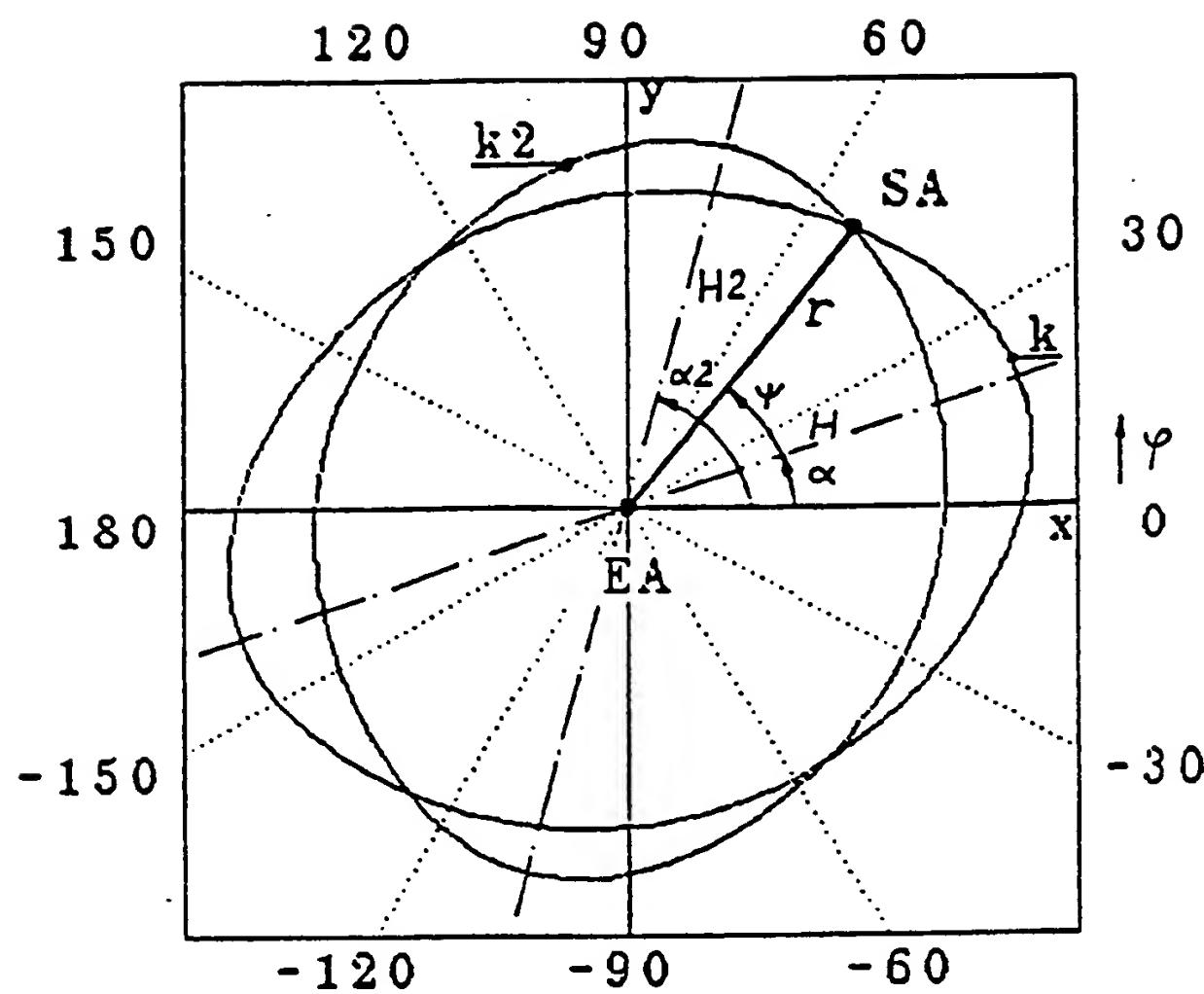
berechnet werden, deren gemeinsamer Schnittpunkt
 (S) die Senderposition bestimmt.



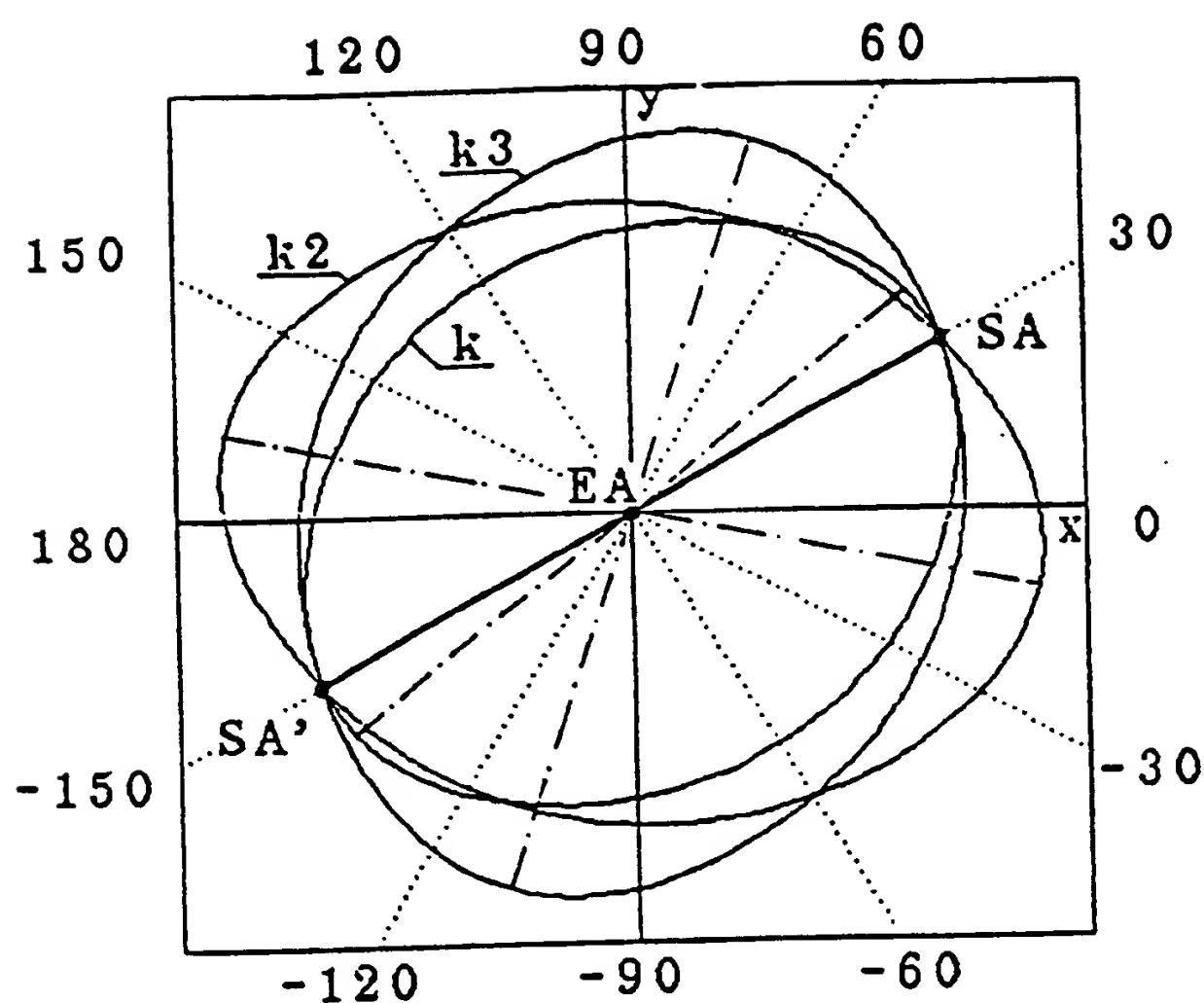
Figur 1



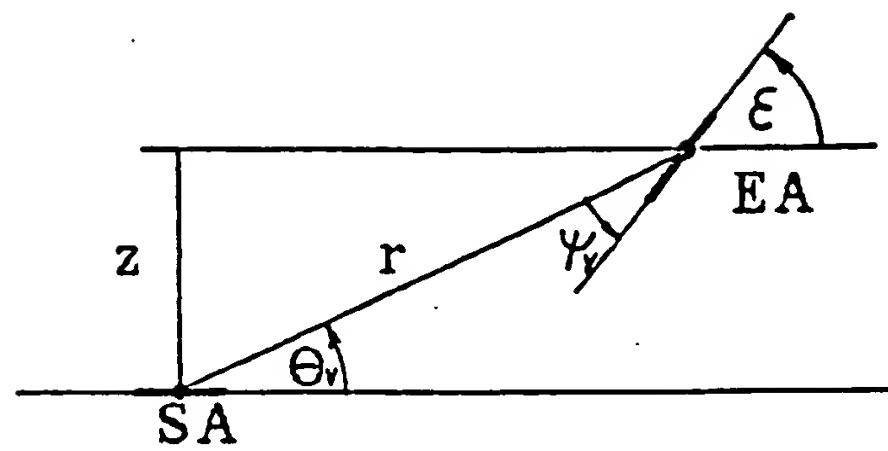
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

Maßstab 1:200

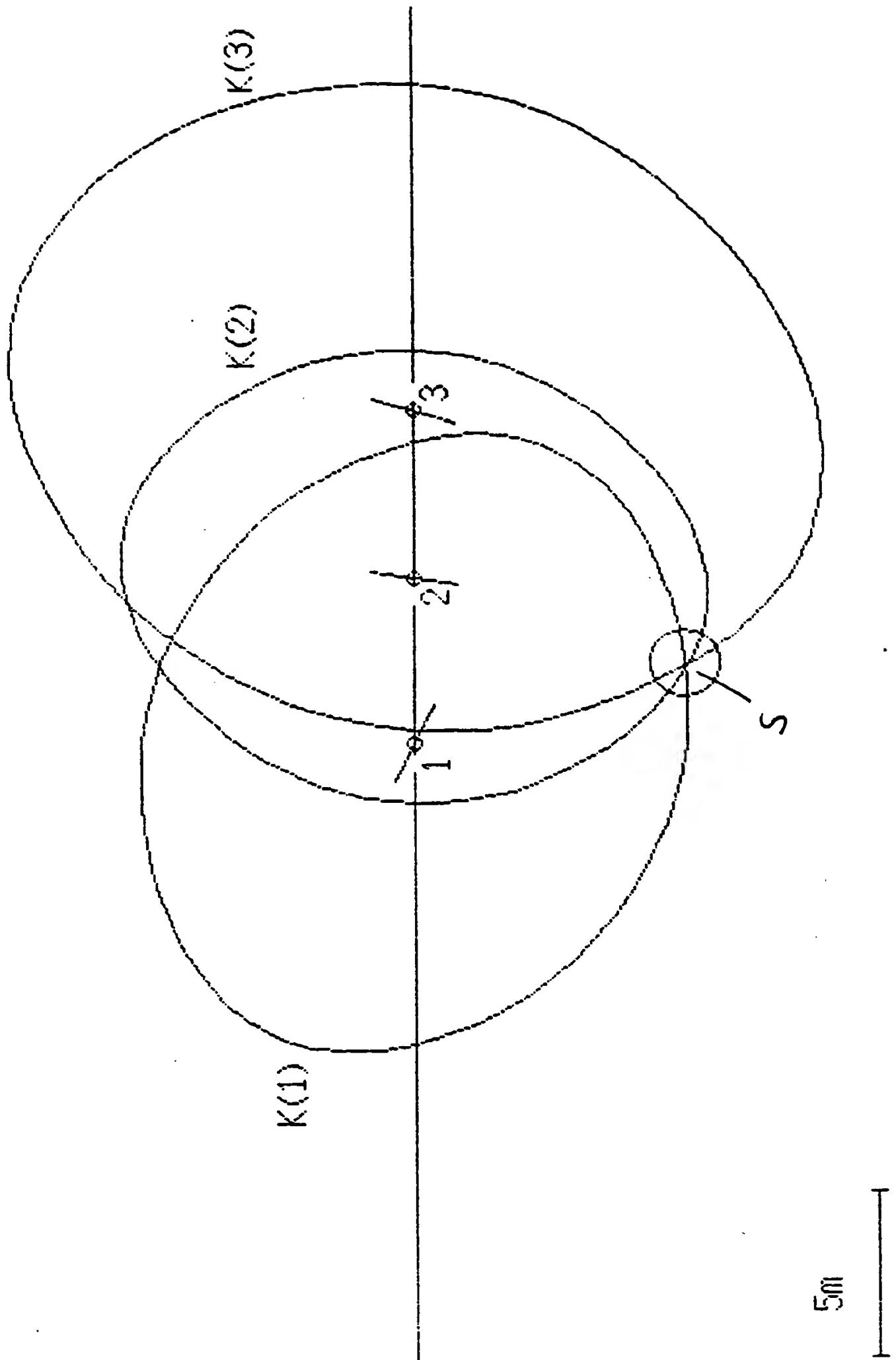


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/AT 88/00036

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl.⁴ G01V 3/08

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched ⁷

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl. ⁴	G01V,G01S;A63B;G01C
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸	

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT⁹

Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	AT, A, 374595 (N. NESSLER) 10 May 1984 see the whole document (cited in the application) --	1,8
A	EP, A, 0087168 (WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA im. JAROSLAWA DABROWSKIEGO) 31 August 1983 see page 15, line 22 - page 17, line 25; figures 3-6 --	1,8
A	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. GE-19, Nr. 4 October 1981 (New York, US) F.H. Raab: "Quasi-static magnetic- field technique for determining position and orientation", pages 235-243 see page 235, paragraph "Introduction" figures 1-4 -----	

* Special categories of cited documents: ¹⁰

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

25 August 1988 (25.08.88)

Date of Mailing of this International Search Report

13 September 1988 (13.09.88)

International Searching Authority

EUROPEAN PATENT OFFICE

Signature of Authorized Officer

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. AT 8800036
SA 22407

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 06/09/88
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
AT-A- 374595	10-05-84	Keine	
EP-A- 0087168	31-08-83	Keine	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/AT 88/00036

I. KLASSEKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationsymbolen sind alle anzugeben) ⁶ Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC	
Int. C: 4	G 01 V 3/08

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE	
Klassifikationssystem	Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷
Int. Cl 4	G 01 V, G 01 S; A 63 B; G 01 C
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸	

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		Betr. Anspruch Nr. ¹³
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	
A	AT, A, 374595 (N. NESSLER) 10. Mai 1984, siehe das ganze Dokument (in der Anmeldung erwähnt) --	1,8
A	EP, A, 0087168 (WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA im. JAROSLAWA DABROWSKIEGO) 31. August 1983, siehe Seite 15, Zeile 22 - Seite 17, Zeile 25; Figuren 3-6 --	1,8
A	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Band GE-19, Nr. 4, Oktober 1981, (New York, US) F.H. Raab: "Quasi-static magnetic-field technique for determining position and orientation", Seiten 235-243 siehe Seite 235, Abschnitt "Introduction"; Figuren 1-4 -----	1,8

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG	
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
25. August 1988	13 SEP 1988
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevoilichtigten Bediensteten
Europäisches Patentamt	P.C.G. VAN DER PUTTEN

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

AT 8800036

SA 22407

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 06/09/88

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
AT-A- 374595	10-05-84	Keine	
EP-A- 0087168	31-08-83	Keine	